

GDK 524(174.7Abies alba Mill.)(497.4)(045)=163.6

Prispelo / Received: 24. 09. 2012

Sprejeto / Accepted: 12. 12. 2012

Izvirni znanstveni članek

Original scientific paper

OCENJEVANJE NATANČNOSTI DEBLOVNIC IN VOLUMENSKIH FUNKCIJDavid HLADNIK¹, Milan KOBAL²

Izvleček

Primerjali smo postopke za ocenjevanje volumna debeljadi jelke na podlagi Huberjevega, Smalianovega in Newtonovega obrazca. Podatke za primerjavo smo dobili z interpolacijo kubičnih zlepkov na podlagi merjenja posekanih dreves. Newtonov in Huberjev postopek sta bila najnatančnejša pri ocenjevanju volumnov starih jelk (starost do 200 let, povprečni premer 59 cm). Na podlagi izračunanih volumnov smo ocenjevali volumne stoječih dreves v sklopu gozdne inventure. Slovenske Čoklove tarife (1959) so se kljub svoji preprosti zasnovi izkazale s sprejemljivo natančnostjo (povprečno odstopanje v odstotkih od povprečnega volumna < 1 %, $R^2=0.87$). Delež pojasnjene variabilnosti volumnov dreves se je povečal za 5 % pri dvovhodnih deblovnica in za 11 % pri triparametrijskih volumenskih funkcijah.

Ključne besede: volumen debeljadi, tarife, volumenske funkcije, jelka (*Abies alba* Mill.)

ESTIMATING THE ACCURACY OF VOLUME TABLES AND VOLUME EQUATIONS FOR SILVER FIR

Abstract

Comparisons of stem volume estimation techniques were performed based on equations of Huber, Smalian and Newton, and a cubic spline interpolation of points along the silver fir tree stems. Results indicate that Newton's and Huber's equations were the most accurate in determining volumes of old silver fir trees (age up to 200 years and average dbh 59 cm). The obtained tree volumes were the basis for the standing timber estimation in the forest inventory. Despite their rather simple structure, the Slovene Čokl (1959) tariff functions proved to be sufficiently accurate (average residual in percentage of the mean volume < 1%, $R^2=0.87$). The proportion of the individual tree volume variance explained increased by 5 % for standard two-entry volume tables and by 11% for three-parameter volume functions.

Key words: roundwood volume, tariff, volume functions, silver fir (*Abies alba* Mill.)

UVOD**INTRODUCTION**

V zadnjem desetletju so gozdarski strokovnjaki po svetu znova preverili in primerjali načine za določanje volumna stoječih dreves, ker bi bilo sicer nemogoče primerjati količine lesnih zalog in njihove spremembe v globalnih poročilih o stanju in razvoju gozdov (FAO, 2001; FAO 2005), presojati o indikatorjih trajnostnega gospodarjenja z gozdovi v Evropi (MCPFE, 2003), poročati o emisijah in odvzemu po ponorih toplogrednih plinov na področju rabe tal, njenih sprememb in gozdarstva v okviru Kjotskega protokola in Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC, 2009). Ob usklajevanju definicij in podatkov o gozdnih virih se je izkazalo, da je treba tudi za temeljne kazalce o lesnih zalogah v evropskih deželah izdelati postopke za harmonizacijo podatkov nacionalnih gozdnih inventur (Tomppo in sod., 2010). Tako kot se razlikujejo gozdni viri, naravne razmere in zgodovinski razvoj, se razlikujejo tudi definicije za volumne

dreves, načini merjenja in upoštevanja posameznih delov dreves. V današnjem času po svetu sicer enotno merijo volumne dreves in lesne zaloge na podlagi meritev premera s skorjo (Lawrence in sod., 2010), razlikujejo pa se določila o:

- merskem pragu na višini prsnega premera,
- upoštevanju panja in njegovi višini,
- upoštevanju vrha dreves in najmanjšem premeru debla, pri katerem začnemo meriti vrh,
- upoštevanju vej in njihove najmanjše debeline,
- upoštevanju skorje,
- upoštevanju odmrlih in padlih dreves.

Zgodovinsko sta bila lesna zaloga gozdov in volumen dreves povezana z ekonomsko in proizvodno vlogo, zato sta najpogosteje predstavljala količino tržne deblovine oziroma debeljadi. Prve volumenske tablice so bile izdelane na začetku 19. stoletja in od takrat še veljajo Cottina izhodišča, da je volumen drevesa odvisen od premera, višine in oblike debla. Ko je določen pravi volumen drevesa, velja za vsa drevesa z

¹ doc. dr. D. H., UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, SI-1000 Ljubljana, david.hladnik@bf.uni-lj.si

² dr. M. K., Gozdarski inštitut Slovenije, SI-1000 Ljubljana, milan.kobal@gozdis.si

enakim premerom, višino in obliko (cit. Husch in sod., 2003). Volumenske tablice in enačbe za računanje volumnov dreves lahko razdelimo v tri osnovne skupine, glede na število vhodnih podatkov oziroma spremenljivk, ki pojasnjujejo volumensko funkcijo (Van Laar in Akça, 2010):

- enovhodne, lokalne tablice, poimenovane tarife, kjer volumen ocenimo na podlagi prsnega premera (dbh),
- dvovhodne deblovnice oziroma enačbe, kjer je volumen ocenjen na podlagi prsnega premera in višine drevesa (h),
- volumenske funkcije, ki ob prsnem premeru in višini dreves upoštevajo tudi razlike v obliki debla, za dodatno spremenljivko pa na primer upoštevamo premer na zgornjem delu debla pri 5 ali 7 m (d_7).

Iz volumenskih tablic ali volumenskih funkcij ocenimo povprečne vrednosti volumnov dreves, ki so odvisne od premera, višine in premera v zgornjem delu debla. O odvisnosti sklepamo na podlagi vzorčno izmerjenih dreves, za katera smo z merjenjem dobili vrednosti pravih volumnov. Za najnatančnejše metode določanja volumnov veljajo ksilometrične metode (Husch in sod., 2003), kjer volumen posameznih delov debla določamo na podlagi izpodrinjene tekočine. Toda tudi pri teh metodah obstajajo različne omejitve in napake merjenja, ki lahko dosežejo pri ponovitvah merjenja 2–3% koeficient variacije (Martin, 1984; Biging, 1988). V strokovnem in raziskovalnem delu so se uveljavile metode merjenja debla podrtih dreves, pri katerih volumen izračunamo po posameznih sekcijah. Najpogosteje uporabljamo obrazce, ki upoštevajo premer na sredini sekcije oziroma dela debla (Huberjev način), ali premera na začetku in koncu posamezne sekcije (Smalianov način). Oba sta bila predstavljena že v začetku 19. stoletja (Huber, 1828; Smalian, 1837, cit. Kramer in Akça, 1982) in sta ostala v uporabi do današnjih dni (preglednica 1), čeprav je natančnejši Newtonov obrazec (Biging, 1988), pri katerem upoštevamo premer na začetku, na sredini in na koncu posamezne sekcije (preglednica 1).

Na podlagi primerjave metod za določanje volumna posameznih delov oziroma sekcij debla so bile predlagane najkrajše dolžine sekcij, ki so sprejemljive za določanje volumnov. Ocenjeno je bilo (Husch in sod., 2003; Biging, 1988), da se tudi z merjenjem debla po čim krajših delih (1 m oziroma 2 do 4 ft v Severni Ameriki) ne moremo izogniti virom napak, ki izhajajo iz odločitve o izbiri matematičnega modela za računanje volumna, nenatančnega merjenja premerov in dolžin posameznih delov debla. S takim načinom dela so do-

ločali volumne v večini evropskih držav in jih nato uporabili v modelih volumenskih funkcij, kjer je bil volumen odvisna spremenljivka (Lanz in sod., 2007). Podatke o volumnih dreves, ki izvirajo iz sekcijske izmere in ksilometričnih metod, so uporabili za izdelavo volumenskih funkcij v 15 državah, v 6 državah so volumen izračunali iz natančnih volumenskih funkcij, v 5 državah pa na podlagi volumenskih tablic. V zadnjo skupino sodi tudi gozdarstvo na Slovenskem. V nizu izdaj gozdarskih priročnikov je bilo opozorjeno (Čokl, 1958; Kotar, 2003), da so bile volumenske tablice povzete iz hrvaškega gozdarskotehniškega priročnika (Mali šumarskotehniški priručnik, 1949), tam pa so priredili deblovnice nemških gozdarskih raziskovalnih postaj s konca 19. in začetka 20. stoletja. Čokl (1962) je opisal, kako so v izvornih nemških dvovhodnih deblovnica (Grunder in Schwappach, 1922) iz podatkov modelnih dreves izračunali povprečna oblikovna števila in jih nato grafično izravnali. Iz tako izravnanih oblikovnih števil so izračunali volumen po posameznih premerih in višinah dreves ter izdelali deblovnice za mlajše in starejše sestoje oziroma starostne razrede.

Že v prvih poročilih so opozorili (Čokl, 1962), da so nemške deblovnice neprimerne za naše rastiščne in sestojne razmere, ker dajejo previsoke vrednosti volumnov, toda načrtnega dela pri oblikovanju lastnih volumenskih tablic ali volumenskih funkcij nismo izpeljali. Izdelali so tablice za najpomembnejše drevesne vrste (Šušteršič, 1946), ob tablicah predstavili tudi volumenske funkcije za posamezne okrajje (Čokl, 1962), posamezne drevesne vrste v gozdnem obratu (Rebula, 1993; 1995) ali v izbranih gozdnogospodarskih enotah (Kušar, 2007). Za jelko je Rebula (1993) zbrane podatke in volumenske funkcije predstavil v sklopu merjenja in ocenjevanja oblovine oziroma delov debla, s sodelavci pa je uporabil metodo zlepkov (angl.: *spline*) za ocenjevanje premerov na različnih delih debla, ki je bilo sicer merjeno po 2-metrskih sekcijah. Danes teh podatkov ne moremo neposredno uporabiti tako, da bi jih povezali v primerljive volumenske funkcije za drevesne vrste na Slovenskem. Razlikujejo se v metodologiji zbiranja podatkov, ker je bila sprva upoštevana le debeljad brez volumna panja. Kušarjevo (2007) delo pa bi bilo treba nadaljevati, dopolniti njegove modele volumenskih funkcij z večjim vzorcem izmerjenih dreves in jih nadgraditi z možnostmi za natančnejše ocenjevanje ter primerjanje posameznih delov debel.

V tem prispevku bodo ocenjene napake pri določanju volumnov dreves jelke, ki izvirajo iz uporabe različnih modelov za določanje volumna po sekcijah. Uporabili bomo metodo

ocenjevanja premerov po najkrajših dolžinah debla (0,5 m) z uporabo kubičnih interpolacijskih zlepkov, da bi tako izločili napake, ki sicer nastanejo pri terenskem merjenju premerov po najkrajših sekcijah podrtih dreves. S klasičnim načinom merjenja posekanih dreves po posameznih sekcijah ne dobimo prave vrednosti volumna, hkrati pa tudi ne moremo zlahka določiti vzrokov za morebitne napake volumnov, ki bi jih radi ocenili. Biging (1988) je namesto tradicionalnega merjenja po sekcijah in ocenjevanja pravega volumna predlagal uporabo statističnih modelov, s katerimi ocenjujemo obliko debla oziroma njegov vzdolžni profil. Premere debla po posameznih sekcijah izračunamo in se izognemo morebitnim napakam, ki nastanejo pri merjenju po čimkrajših sekcijah. Tako je mogoče posebej analizirati del napak, ki nastanejo pri uporabi različnih matematičnih modelov za računanje volumna debla. Na drevesih, ki so bila sicer izmerjena po posameznih sekcijah, bomo računali nove dodatne premere tako, da bodo za vse različne modele volumnov uporabljene enake izračunane interpolirane vrednosti premerov. Hkrati bodo za vsa drevesa v vzorcu lahko uporabljene enake višine panjev in posameznih delov debla vse do izračunanih najmanjših premerov debla (7 cm).

V drugem delu prispevka bomo za drevesa jelke v vzorcu izračunali volumne po enoparametrijskih, dvoparametrijskih in troparametrijskih volumenskih funkcijah, ki so jih doslej prikazali in uporabili na Slovenskem. Preveriti želimo, ali so upravičene domneve, da za jelko na Slovenskem ni sprejemljivo uporabljati tujih tarif, deblovnice in volumenskih funkcij. Ocenjevanje volumnov stoječih dreves postaja še težavnejše, ker na Slovenskem v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih na visokem Krasu prevladujejo stari gozdovi, v katerih se povečuje delež jelk, debelejših od 50 cm (Bončina in sod., 2003; Klopčič in Bončina, 2012) oziroma njeni povprečni premeri dosegajo 10. debelinsko stopnjo (Kobal in Hladnik, 2009). Debelejša drevesa v gozdnih sestojih prehajajo iz okvirov, za katere so bile izdelane deblovnice in izpeljani modeli volumenskih funkcij, ki naj bi zanesljivo ocenjevali volumne dreves.

METODE DELA METHODS

Podatki o 65 jelkah, ki smo jih uporabili v tem prispevku, izvirajo iz raziskave o vplivu konkurence in rastiščnih dejavnikov na rast dominantnih dreves jelke (Kobal, 2011). V oddelku 34, GGE Leskova dolina, smo na vzorčni mreži 50 ×

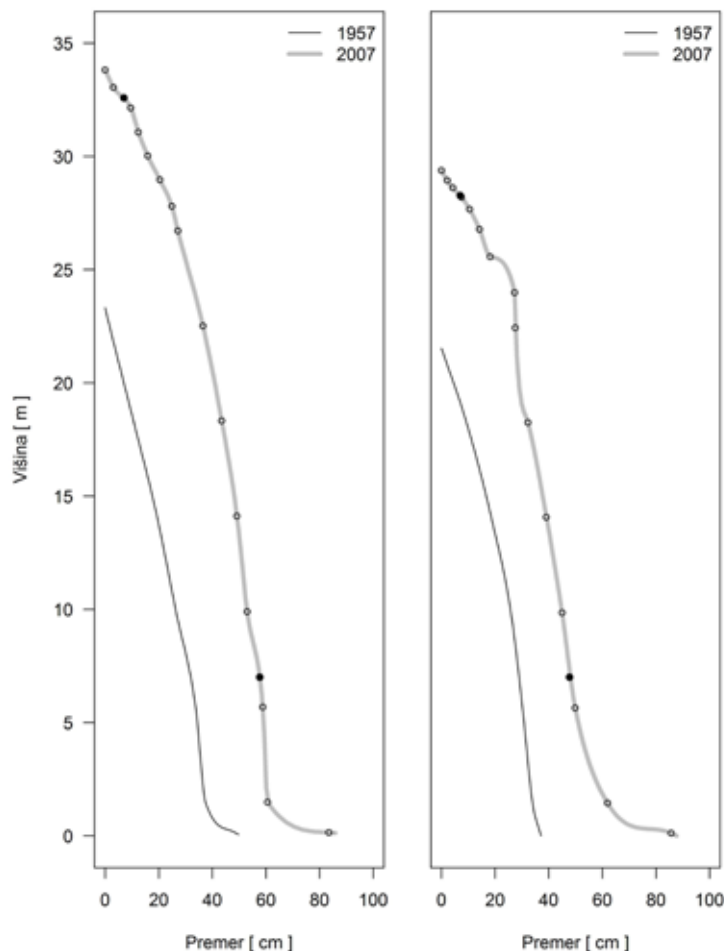
50 m postavili 65 krožnih vzorčnih ploskev s površino 5 arov. Na vsaki ploskvi smo izmerili premer vseh dreves, ki v prsni višini presegajo premer 10 cm. Ker smo hoteli v analizo zajeti dominantna drevesa, smo na vsaki ploskvi izbrali po eno dominantno jelko. Po Pardéju dominantno višino predstavlja 100 najdebelejših dreves na hektar oz. 5 najdebelejših dreves na 5 arih. Tako smo izbrali 3. najdebelejšo jelko na ploskvi, ki predstavlja povprečno dominantno višino, in jo posekali za debelno analizo.

Za jelke v vzorcu smo na podlagi podatkov dendrometrijske analize in interpolacije z zleпки izračunali volumne v letu 1957. Kolute posekanih jelk smo odvzeli na panju, v prsni višini in v 4-metrskih razmikih do premera 30 cm. Vrh krošnje (premer < 30 cm) smo razrezali na metrske sekcije. Skupno smo odvzeli 992 kolotov, iz katerih smo po sredini izrezali pravokotne odrezke lesa. Pri tem smo se izognili reakcijskemu lesu. Širine branik smo izmerili v dveh smereh vzdolž odrezka na 0,01 mm natančno z uporabo programske opreme ATRICS (Levanič, 2007) in WinDendro (Guay in sod., 1992). Vsako serijo širin branik smo dodatno preverili z računalniškim programom PAST-4 (Baillie in Pilcher, 1973) in iz obeh serij širin branik izračunali njihove aritmetične sredine. Debelne analize posekanih jelk smo naredili v programskem jeziku R 2.11.1 (R Development Core Team 2010).

V analizo smo zajeli dominantna drevesa jelke, stara od 132 do 209 let. Povprečen premer analiziranih jelk je $59 \pm 1,6$ cm, višine pa med 25 in 40 metri, v povprečju $34,0 \pm 0,8$ m. Povprečno drevo je imelo volumen $4,7 \pm 0,3$ m³, posamezna drevesa pa med 1,9 in 7,8 m³.

Na podlagi kubičnih zlepkov smo za drevesa izračunali premere po 50 centimetrskih dolžinah debla, ki so bili osnova za izračun volumnov. Cedilnik (1991) je prikazal pogoje, ki naj jih upoštevamo pri interpolaciji z zleпки, ko želimo imeti povsod definirano aproksimacijo, zlepek pa naj ima prevoje in naj bo monoton, torej naraščajoč. V okolju orodja za statistično obdelavo in vizualizacijo podatkov R 2.11.1 (R Development Core Team 2010) smo uporabili monotono kubično Hermitovo interpolacijo. Premere dreves smo računali z interpolacijo podatkov od višine panja do vrha drevesa.

Višine panjev posekanih jelk smo izmerili po končanem poseku. Razlikovale so se, ker pred posekom nismo naročili, kako visoki naj bodo panji. Za primerjavo izračunanih volumnov smo premer panja izračunali 20 cm od tal, da smo lahko primerjali tudi volumne in oblikovna števila jelk pred 50 leti. Višine panjev namreč niso enotno predpisane, najpogosteje je določeno, da višina panja ne sme biti večja od tretjine njegove-



Slika 1: Izmerjene in interpolirane vrednosti premerov na dveh posekanih jelkah v oddelku 34 gozdnogospodarske enote Leskova dolina. Izmerjene vrednosti ponazarjajo prosojni krožci, s polnimi črnimi krožci so označene izračunane vrednosti premerov na 7 m višine jelk ter dolžine debel do njihovega premera pri 7 cm. Tanjši notranji liniji ponazarjata interpolirane vrednosti pred 50 leti

Fig 1: Measured and interpolated values of stem points on two felled silver fir trees in compartment 34 in Leskova dolina forest management unit. The translucent circles represent measured values, while solid black circles delineate a calculated diameter at 7 m tree height and 7 cm in diameter. Thinner internal lines represent interpolated values 50 years ago

ga premera (Pravilnik ..., 2004). Takšno relativno opredelitev višine panjev uporabljajo v večini evropskih držav, v nekaterih pa je določena kot konstantna višina 20 oziroma 30 cm nad tlemi (Lanz in sod., 2007). Z interpolacijo smo zato posebej izračunali še premere panjev na višini 30 cm, volumne panjev pa po priporočilu Huscha in sod. (2003) računali po obrazcu za volumen valja, njegov premer smo izračunali na polovici višine panja. Na modelnem območju raziskav so bili panji pri 63 % posekanih jelk nižji od 20 cm in zaradi skalovitosti zemljišča pri 14 % višji od 30 cm. Volumnom panjev smo pripisali posebno pozornost, ker jih v preteklosti pogosto niso upoštevali v oceni volumna dreves, o višini panjev pa je bilo mogoče le sklepati na podlagi prej opisane relativne opredelitve.

Ker je bila v raziskavi o vplivu konkurence in rastiščnih dejavnikov na rast dominantnih dreves jelke (Kobal, 2011)

posebej analizirana višinska rast dreves, smo pridobili tudi natančne podatke za izračun dolžine debela do njegovega premera pri 7 cm. Za vsako drevo smo izračunali referenčno vrednost volumna debeljadi po Newtonovem obrazcu. Na metriki dolžini sekcije so bili po tem obrazcu upoštevani premeri na začetku sekcije, na njeni polovici (pri 50 cm) in na koncu sekcije. Tako izračunane referenčne vrednosti smo uporabili za primerjavo z drugimi načini merjenja in ocenjevanja volumna debeljadi z volumenskimi funkcijami.

Posebej smo primerjali nepravna oblikovna števila, ki smo jih izračunali za jelke v vzorcu iz Leskove doline in iz podatkov v dvovhodnih deblovnih. Nepravna oblikovna števila ($f_{1,3}$) ponazarjajo razmerje med volumnom debela in volumnom valja – oba imata enako višino, premer valja pa je enak premeru drevesa v prsni višini. Izvirne nemške dvovhodne

Preglednica 1: Enačbe za volumne debela po sekcijah in volumenske funkcije debeljadi jelke

Table 1: Equations for log volumes and coefficients of bole volume functions for silver fir

$$\text{Huber} \quad v = g_m \cdot l \quad \text{Smalian} \quad v = \frac{g_z + g_k}{2} \cdot l \quad \text{Newton} \quad v = \frac{g_z + 4g_m + g_k}{6} \cdot l$$

g_m – ploščina preseka debela na sredini sekcije,
 g_z – ploščina preseka debela na začetku sekcije,
 g_k – ploščina preseka debela na koncu sekcije,
 l – dolžina sekcije.

$$\text{Čokl (1962)} \quad V_i = b_0 \cdot d_i^{b_1} h_i^{b_2} \quad (1)$$

$$\text{Rebula (1995)} \quad V_i = b_0 \cdot d_i^{b_1} h_i^{b_2} \quad (2)$$

$$\text{Puhek (2003)} \quad (3)$$

$$V_i = b_0 \cdot d_i h_i + b_1 \cdot d_i h_i^2 + b_2 \cdot d_i h_i^3 + b_3 \cdot d_i^2 h_i + b_4 \cdot d_i^2 h_i^2 + b_5 \cdot d_i^3 h_i + b_6 \cdot d_i^3 h_i^3 + b_7 \cdot d_i^4 h_i^2 + b_8 \cdot d_i^5 h_i^3$$

$$\text{Hoffmann (1984), cit. Kaufmann (2001)} \quad V_i = b_0 + b_1 \cdot d_{7i}^2 h_i + b_2 \cdot d_i + b_3 \cdot d_i^2 + b_4 \cdot d_i^3 \cdot h_i + b_5 \cdot h_i^4 \quad (4)$$

$$\text{Kušar (2007)} \quad (5)$$

$$V_i = b_0 + b_1 \cdot d_{7i}^2 h_i + b_2 \cdot d_{1,3i}^2 + b_3 \cdot d_{7i}^2 + b_4 \cdot d_{7i}^3 + b_5 \cdot h_i + b_6 \cdot d_{1,3i} + b_7 \cdot d_{1,3i}^3 \cdot h + b_8 \cdot h^4 + b_9 \cdot d_{1,3i} h^3$$

Koeficienti	Čokl (1962)	Rebula (1995)	Puhek (2003)	Hoffmann (1984)	Kušar (2007)
b_0	0,0450	0,00005946	-0,22822880	0,039594	1,05752
b_1	1,688291	1,7835	0,19664395E-01	0,35832	0,0000968861
b_2	1,294333	1,1002	-0,28041458E-03	-0,39142	0,00163996
b_3			0,44570362E-01	3,75195	-0,000840175
b_4			-0,14288404E-03	-0,013314	-0,0000153422
b_5			-0,11572040E-03	1,62E-07	-0,0193299
b_6			0,30996593E-07		-0,0539859
b_7			0,37584951E-08		-1,1786E-07
b_8			-0,18066064E-11		9,95636E-7
b_9					-0,00000138169

deblovnice so bile izdelane na podlagi povprečnih oblikovnih višin za posamezne starostne razrede, kasneje pa so jih na hrvaškem predelali tako (Mali šumarskotehnički priručnik 1949), da so bili za vsako drevesno vrsto izračunani še novi povprečni volumni za eno samo deblovnico. Povprečne vrednosti za vsak premer in višino dreves so bile izračunane s tehtanjem podatkov oziroma upoštevanjem števila modelnih dreves v izvornih deblovnica, izdelanih v različnih regijah in za različne starostne razrede.

Iz takih podatkov so bile na Slovenskem prirejene francoske tarife za enodobne in prebiralne gozdove (Čokl, 1956) kasneje dopolnjene s tarifami za sestojne vmesnih oblik (Čokl, 1959). V teh tarifah so bile prevzete vrednosti iz nemških deblovnice za določitev najnižjih in najvišjih volumnov dreves

ter stopnjevanje volumnov (po 10 oziroma 5 %) med posameznimi tarifnimi razredi. Pri praktičnem delu so tarifni razred določili na podlagi volumnov v dvovhodnih deblovnica, kasneje pa so bile za lažje delo izračunane še srednje višine za drevesa srednjih debelinskih stopenj (Čokl, 1959). Za Celjski okraj je Čokl (1962) izdelal nove domače deblovnice in volumenske funkcije, Rebula (1995) pa posebej za jelko na postojnskem gozdnem obratu. Kušar (2007) je na majhnem vzorcu jelke (38 dreves) prikazal možnosti za oblikovanje slovenskih deblovnice in volumenskih funkcij, ki jih je izpeljal po švicarskem vzoru (Kaufmann, 2001). Volumenske funkcije omenjenih avtorjev (Preglednica 1) smo primerjali z referenčnimi vrednostmi jelk, ki smo jih izračunali po najkrajših sekcijah (1 m) z Newtonovim obrazcem. Razlike smo oce-

njevali s povprečno napako odstopanj volumnov posameznih dreves (AR – *average residual*) in standardnim odklonom (SR – *standard deviation of the residuals*) v odstotkih od povprečne referenčne vrednosti (Y) (Kaufmann, 2001):

$$AR = \frac{\sum (\hat{X}_i - x_i)}{n} \cdot \frac{100}{X}, \quad SR = \sqrt{\frac{\sum (\hat{X}_i - x_i)^2}{(n-1)}} \cdot \frac{100}{X}$$

\hat{X}_i – izračunana vrednost,

x_i – izmerjena referenčna vrednost,

X – povprečna referenčna vrednost,

n – število enot v vzorcu.

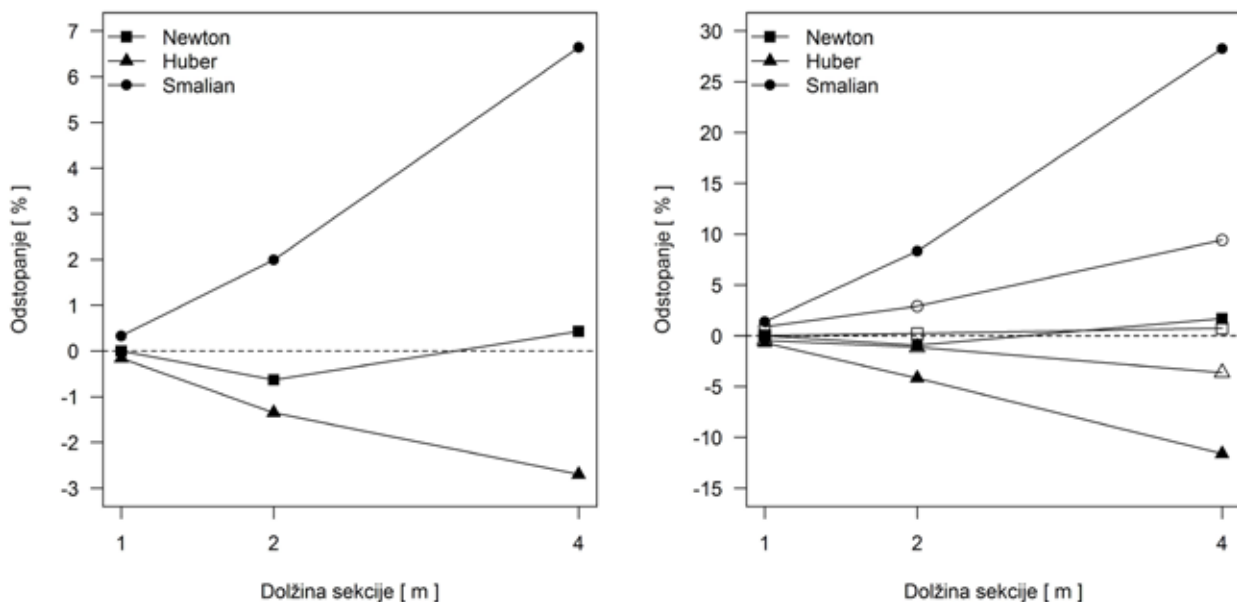
REZULTATI RESULTS

Povprečen volumen debeljadi jelke se pri merjenju po 1 m dolgih sekcijah razlikuje manj kot pol odstotka – s Huberjevim načinom je za 0,2 % manjši, s Smalianovim pa za 0,3 % večji od merjenja po Newtonovem načinu, ki velja za najnatančnejšega (Slika 2a). Pri 2-metrskih sekcijah je s Huberjevim načinom razlika v povprečnem volumnu debeljadi večja od odstotka (-1,4 %), pri 4-metrski dolžini pa znaša že -2,7 %. S Smalianovim načinom merjenja so pri 4-metrskih sekcijah,

po katerih merimo dolžino hlodovine, razlike (6,6 %) že večje od širine slovenskih tarifnih razredov. Nihanje povprečnih vrednosti oziroma razlik, ki so nastale s povečevanjem dolžine sekcij pri Newtonovem obrazcu, je posledica oblike debla pod prsnim premerom. Za dolžino, ki je primerljiva s prvim hlodom debla, smo računali volumne nad panjem (od 0,2 do 4,2 m) ter meter nad panjem (od 1,2 do 5,2 m) in razlike prikazali na sliki 2b.

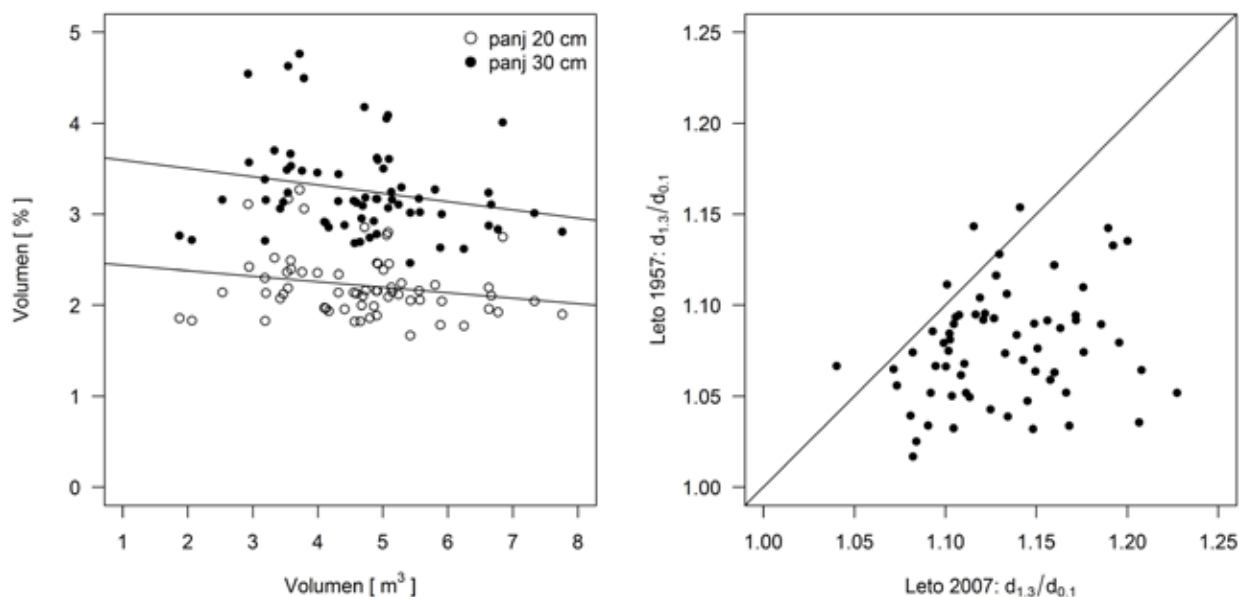
Presenetljive so razlike v ocenjenih volumnih za prvi hlod, kajti s Huberjevim načinom merjenja so za 4-metrsko dolžino razlike večje od 10 % (-11,6 %), pri merjenju hloda na 2-metrskih sekcijah pa smo jih ocenili na -4,2 %. Z uporabo Newtonovega obrazca smo pri 4-metrskem hlodu nad panjem dobili 1,7 % večjo vrednost, kot če bi ta hlod merili natančneje po metrskih sekcijah in pri tem obrazcu upoštevali še vmesno meritev vsakih 50 cm. Za hlod, ki bi ga izdelali 120 cm nad tlemi, so razlike po Newtonovem obrazcu manjše od odstotka, 0,2 % pri 2-metrskih sekcijah in 0,7 % pri 4-metrski dolžini merjenja. Velike razlike v ocenjenih volumnih na sliki 2b je mogoče pojasniti z obliko debla v dnišču in spodnjem delu starih dreves jelke.

Hohenadlov količnik (Van Laar in Akça, 2010) oziroma razmerje med prsnim premerom in premerom na desetini drevesne višine je bilo leta 2007 značilno višje ($P < 0,001$) od razmerja v letu 1957. Spremembe v obliki drevesnih debel smo



Slika 2: Povprečne napake odstopanj volumnov posameznih dreves v odstotkih od povprečne referenčne vrednosti, izračunane za tri načine merjenj volumnov debeljadi brez panja (a) in volumnov prvih hlodov (b). Na sliki b so s črno barvo označeni volumni nad panjem, brez polnila pa volumni za prvi hlod 120 cm nad tlemi

Fig 2: Average residuals in percentage of the mean volume computed for the equations of bole volume without stump (a) and first logs (b). On Figure 2b, black signs represent log volumes above stump, white the log beginning at the 120 cm height excluding basal swell



Slika 3: Deleži volumnov panjev v celotnem volumnu jelk (a) in Hohenadlov količnik $d_{1,3}/d_{0,1}$ za jelke v Leskovi dolini leta 2007 in 1957 (b)

Fig 3: Proportions of stump volume in total stem volume (a) and Hohenadl's form quotient $d_{1,3}/d_{0,1}$ for silver fir trees in Leskova dolina in 2007 and 1957 (b)

potrdili tudi na podlagi primerjave nepravilnih oblikovnih števil, ki so se po 50 letih zmanjšala ($P < 0,05$). Količniki na sliki 3b ponazarjajo padce premerov, ki so v letu 2007 povprečno znašali 3,3 cm/m, pred 50 leti pa 2,1 cm/m. Visoki koeficienti variacije (30 %) v padcih premerov kažejo na velike razlike v obliki spodnjega dela jelkinih debel. Podobne razlike smo ocenili tudi v volumnih panjev (Slika 3a), kjer smo ocenili 27% koeficiente variacije. Panji, visoki med 20 in 30 cm, sestavljajo 2,2 do 3,3 % celotnega volumna debeljadi jelk. Ocene njihovih volumnov so pomembne, ko primerjamo različne deblovnice in volumenske funkcije, kajti pri sestavljanju deblovnice sprva niso upoštevali volumnov panjev.

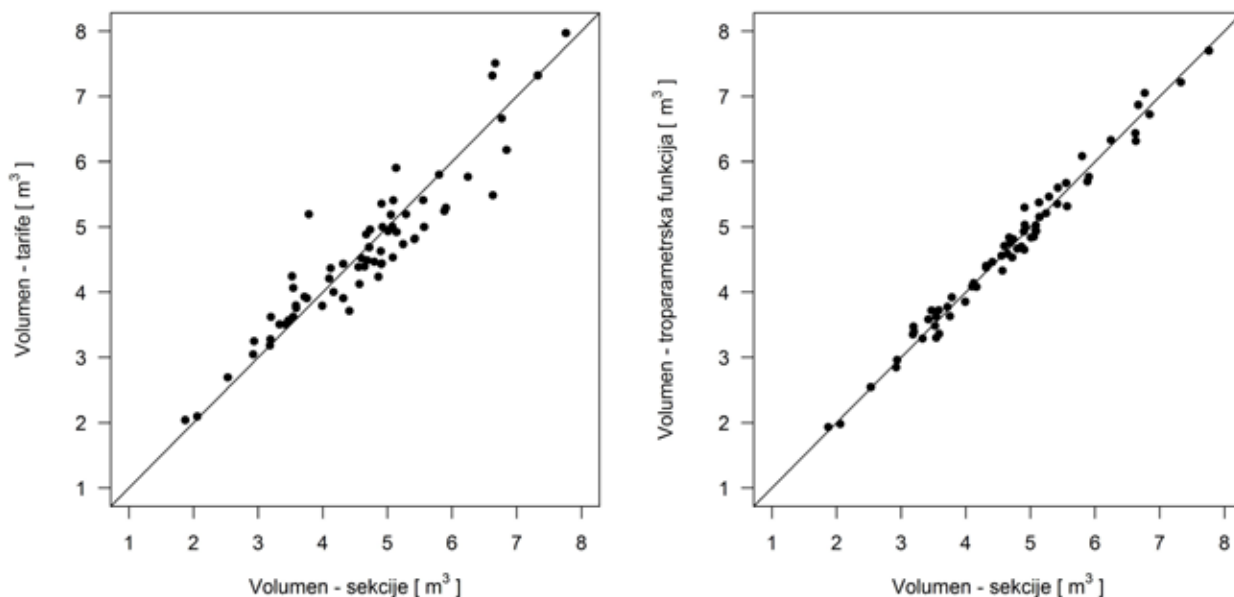
Volumni analiziranih jelk v Leskovi dolini so večji od volumnov, ki bi jih izračunali po švicarskih volumenskih funkcijah (Kaufmann, 2001), po deblovnica za celjski okraj (Čokl, 1962) in tudi po deblovnica, izračunanih za jelko v sosednjem gozdnem obratu na Postojnskem (Rebula, 1995). Razlike, manjše od 3 %, smo ocenili za Čoklove tarife (Čokl, 1959) in tudi za predelane nemške dvovhodne deblovnice (Puhek, 2003). Čoklove tarife za sestoje vmesnih oblik so se izkazale z majhno povprečno napako odstopanj od izmerjenih jelk v Leskovi dolini in večjim standardnim odklonom odstopanj, kar je pričakovano za enoparametrsko volumensko funkcijo. Pri dvovhodnih deblovnica je bil standardni

Preglednica 2: Povprečne razlike (AR), odstopanja (SR) in deleži pojasnjene variabilnosti za modele tarif, deblovnice in volumenskih funkcij, ki smo jih primerjali z volumni sekcijsko izmerjenih jelk v Leskovi dolini leta 2007

Table 2: Average residuals (AR) and standard deviation of the residuals (SR) in percentage of the mean volume, proportions of the individual tree volume variance explained by tariff functions, standard volume tables and volume functions computed for felled silver fir trees in Leskova dolina in 2007

		AR (%)	SR (%)	R ²	panj / stump
Tarife V8	(Čokl, 1959)	-0,95	9,62	0,87	-
Deblovnice	(Puhek, 2003)	-1,35	7,61	0,93	-
	(Čokl, 1962)	-4,87	9,06	0,92	-
Vol. funkcije	(Rebula, 1995)	-6,32	9,78	0,93	-
	(Kaufmann, 2001)	-3,56	5,09	0,98	+
	(Kušar, 2007)	-0,85	4,47	0,98	+
	Leskova dolina*	0,00*	3,44	0,98	+

* V vzorcu jelk iz Leskove doline ni bilo dovolj dreves, da bi lahko oblikovali volumensko funkcijo z vsemi statistično značilnimi regresijskimi koeficienti, različnimi od 0, kot sta jih predlagala Kaufmann (2001) in Kušar (2007). V modelu smo zato upoštevali le spremenljivke $d_{1,3}$ in $d_{0,1}$. Ocene o odstopanjih podajamo za ponazoritev pomena večparametrskih volumenskih funkcij na sliki 4.

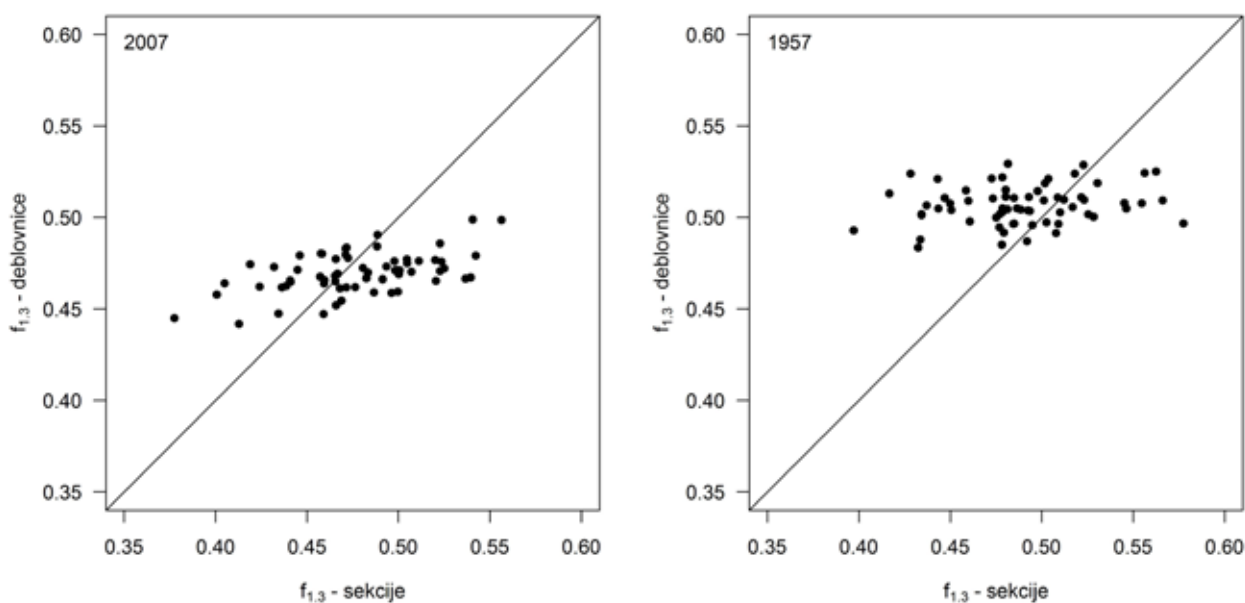


Slika 4: Primerjava volumnov debeljadi jelke, izračunanih iz referenčnih volumnov po sekcijah, volumnov iz slovenskih tarif (a) za sestoje vmesnih oblik (V8) in troparametrške volumenske funkcije, ocenjene za jelke iz Leskove doline v tej raziskavi (b), ki upošteva premer na prsni višini, premer na 7 metrih in višino dreves

Fig 4: Comparison of computed reference silver fir volumes with Slovene tariff function (a) for intermediate shape stands (V8) and precise volume function developed in this study from silver fir trees from Leskova dolina (b) based on diameters $d_{1,3}$, d_7 , and height of the tree h

odklon odstopanj za 2 % manjši, pri troparametrskih volumenskih funkcijah pa manjši še za 2,5 do 3 %. Delež pojasnjene variabilnosti volumnov pri uporabi tarif ($R^2=0,87$) se je povečal za 5 % pri dvovhodnih deblovnica in za 11 % pri troparametrskih funkcijah (Preglednica 2, Slika 4).

Nezanesljivo bi bilo presojati o natančnosti deblovnice le na podlagi povprečnih napak odstopanj in deležev pojasnjene variabilnosti. Za predelane nemške deblovnice je bilo pred 50 leti ocenjeno, da dajejo previsoke vrednosti za volumne jelke na Slovenskem (Čokl, 1962). Za volumne starih jelk iz Le-



Slika 5: Primerjava nepravilnih oblikovnih števil ($f_{1,3}$) za jelko, izračunanih iz referenčnih volumnov po sekcijah in volumnov iz dvovhodnih deblovnice v letu 2007 (a) in leta 1957 (b)

Fig 5: Comparison of breast height form factors of silver fir ($f_{1,3}$) for reference computed volumes and estimates from standard volume tables in 2007 (a) and 1957 (b)

skove doline bi lahko ocenili majhna odstopanja od nemških deblovnice. Če bi od sekcijskih meritev odšteli volumne panjeve, bi bile povprečne razlike manjše od 2 %. Pravi problem in neprimernost predelanih nemških deblovnice smo prikazali na sliki 5.

Neprava oblikovna števila ($f_{1,3}$) jelk, izračunana na podlagi sekcijskih meritev v letu 2007, so bila značilno večja od tistih, ki smo jih izračunali iz podatkov dvovhodnih deblovnice ($P < 0,05$). Na podlagi dendrometrijske analize posekanih jelk smo ocenili, da so bila nepravna oblikovna števila pred 50 leti manjša od nepravilnih oblikovnih števil, izračunanih iz dvovhodnih deblovnice ($P < 0,001$). Ocene potrjujeta tudi sliki 5 a in b, na katerih je mogoče razbrati, kako so bila izravnana oblikovna števila ob predelavi nemških deblovnice v enotne deblovnice. Variabilnost teh števil oziroma koeficienti variacije so vsaj trikrat manjši, kot smo jih ocenili za referenčne volumne posekanih jelk – 3,3 krat manjši v letu 2007 in 3,7 krat manjši v letu 1957.

RAZPRAVA IN SKLEPI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

S primerjavo razlik med volumni debeljadi jelke, ki smo jih izračunali po Newtonovem, Smalianovem in Huberjevem obrazcu, smo potrdili značilnosti, že zajete v teoretičnih izhodiščih takih primerjav. Ko pri sekcijskih merjenjih oblika debla odstopa od kvadratičnega paraboloida ali valja, prihaja do razlik med Huberjevim in Smalianovim načinom računanja volumnov. Za prasekani stožec velja, da s Smalianovim obrazcem precenimo volumen, s Huberjevim pa ga podcenimo (Husch in sod., 2003). Če odštejemo Smalianov obrazec od Newtonovega, bo precenjena vrednost dvakrat večja od odstopanja pri podcenjeni vrednosti, ki bi jo dobili z odštevanjem Huberjevega obrazca (Philip, 1994). Pokazali smo, da bi bilo za stare jelke v Leskovi dolini neprimerno uporabljati Smalianov obrazec za volumen prvega hloda, pri 4 metrskih sekcijah pa bi dobili za več kot 10 % podcenjeno vrednost tudi s Huberjevim obrazcem (Slika 2b). Na velike razlike pri računanju volumnov posameznih hloodov so opozorili Husch s sod. (2003), ki v pregledu tujih raziskav za debelino hloodov med 20 in 56 cm opozarjajo na razlike od -5 % za računanje s Huberjevim obrazcem do +12 % s Smalianovim.

V celotnem volumnu debeljadi starih jelk iz Leskove doline so razlike manjše in podobne tistim, ki so jih pred tem izračunali za jelko na Postojnskem. Rebula (1994) je v svoji raziskavi za volumne jelke, izračunane po 4 metrskih sekcijah

ocenil za 0,5 % večja odstopanja od naših ocen s Huberjevim obrazcem in za 2 % večja s Smalianovim obrazcem. Podrobnejše primerjave nismo mogli izdelati, ker v njegovih merjenjih ni bil upoštevan volumen panja. Tudi Kušarjevih (2007) ocen ni mogoče zanesljivo primerjati, ker je volumne dreves izračunal tako, da je v spodnjem delu debla od panja do 1 m uporabil Smalianov obrazec, od tam naprej pa Newtonov obrazec po 4 metrskih sekcijah. Ocenil je, da Huberjev obrazec po 2 metrskih sekcijah daje za 1,3 % nižje vrednosti od računanja z Newtonovim obrazcem, kar je skladno z oceno v tem prispevku (Slika 2a). Oba omenjena avtorja sta upoštevala tradicionalne načine merjenja po 2 metrskih sekcijah, ki so jih pred tem uporabili tudi pri izdelavi deblovnice (Čokl, 1962). Pri taki dolžini sekcij lahko tudi pri starih jelkah pričakujemo, da bodo odstopanja pri uporabi različnih načinov merjenja in računanja volumnov manjša od 2 %.

V dendrometrijskih analizah večjega števila dreves, kjer na kolutih prežaganih debel merimo in ocenjujemo rast dreves v preteklih obdobjih, ni mogoče vselej zagotoviti merjenja po 2 metrskih dolžinah debla. Kolute namreč pogosto jemljemo na začetkih in koncih 4 metrskih hloodov. Pri takem načinu dela je mogoče premere in količnike na različnih dolžinah debla primerjati na podlagi interpolacije kubičnih zlepkov. Z ocenjevanjem povprečnih odstopanj volumna dreves so pokazali (Figueiredo-Filho in sod., 1996), da je mogoče pridobiti volumne z odstopanji, manjšimi od 1 %, če drevo izmerimo na vsaj 8 mestih. V vzorcu jelk iz Leskove doline smo do debeline 7 cm pri vrhu drevesa imeli vsaj 10 točk za interpolacijo, med njimi tudi kolute na prsni višini dreves (Kobal, 2011). Če so merilna mesta razporejena po celotnem deblu, pri kasnejši interpolaciji ne nastopijo omejitve, ki bi jih pri računanju zahteval kak posebej pomemben del debla, pričakovati pa je mogoče, da se bomo izognili morebitnim nelogičnim nepravilnostim v obliki debla (Slika 1). S kubičnimi zlepkami je mogoče v gozdni inventuri izračunati premere dreves na različnih dolžinah debla in nato ocenjevati njihovo sortimentno sestavo (Kaufmann, 2001) ali primerjati volumne dreves, njihove obličnice, oblikovna števila, dolžine uporabnega dela debla (Rebula, 1993; Cedilnik, 1991). V zadnjem času omogočajo ponovno primerjati različne načine merjenja dreves in zlasti premostiti razlike v postopkih, s katerimi ocenjujemo volumne stoječih dreves v evropskih državah in po svetu. Lanz in sod. (2007) so v sklopu evropskega projekta (COST E43) za harmonizacijo nacionalnih inventur prikazali, da v 26 državah upoštevajo šest različnih načinov za določanje volumnov stoječih dreves s skorjo, s pa-

njem ali brez panja, z vrhom ali brez vrha, z debelimi vejami ali brez njih. Za ocenjevanje takih volumnov v tretjini držav uporabljajo enoparametrne tarife na podlagi prsnih premerov dreves, v 10 državah pa volumne ocenjujejo v podvzorcju dreves, v katerem merijo višine in dodatne premere dreves in iz podvzorca sklepajo na volumne vseh vzorčno izmerjenih dreves. V 15 od 26 evropskih držav so tarife in volumenske funkcije oblikovali na podlagi sekcijskih meritev dreves in ksilometričnih metod. Na Slovenskem takega dela nismo izpeljali sistematično, temveč smo prevzeli tuje deblovnice, ki so bile prirejene in postale podlaga za razvoj prilagojenih tarif. Klub preprosti zasnovi so se Čoklove (1959) tarife za stare jelke iz Leskove doline izkazale s sprejemljivo natančnostjo (Preglednica 2), kar je za več drevesnih vrst na Slovenskem potrdil tudi Kušar (2007). Čokl (1957) je že prirejene francoske tarife (Alganove in Schaefferjeve) zasnoval tako, da bi na različnih rastiščih podajale volumne dreves z enako relativno natančnostjo 5 %. Za toliko so se namreč povprečno razlikovali volumni dreves enakega premera in enakih višin, razlike v obliki dreves pa so ponazarjala njihova oblikovna števila. Zaradi šablonskega poteka tarifnih krivulj, ki lahko odstopajo od poteka pravih krivulj volumnov dreves, je bilo pričakovati do 7 % napake pri ocenjevanju lesne zaloge posameznih sestojev. Na podlagi 10 tarifnih razredov in izračunanih mejnih vrednosti volumnov med njimi bi lahko uporabljali tarife, pri katerih je mogoče iz širine razredov sklepati na 2,5 % natančnost pri ocenjevanju lesne zaloge (Čokl, 1959).

Ključni problem je določiti najprimernejši tarifni razred, kajti tega izbiramo na podlagi primerjave volumnov iz deblovnice ali višinskih krivulj, ki so bile prirejene za določanje tarifnih razredov. Doslej je veljalo, da nemške (prirejene) deblovnice prikazujejo previsoke volumne zlasti za jelko na Slovenskem (Čokl, 1962; Rebula, 1995; 1996), in bi jih bilo zato neprimerno uporabiti pri določanju tarifnih razredov. Po 60 letih uporabe prirejenih deblovnice bi bilo neprimerno obuditi izvorne nemške deblovnice zato, da bi manj tvegali pri določevanju tarifnih nizov za posamezne gozdne sestoje. Za izmerjene premere in višine dreves je mogoče uporabiti lokalne deblovnice ali z merjenjem dodatnega premera na 7 m drevesne višine tudi volumenske funkcije, ki jih je prikazal in primerjal Kušar (2007). Namen tega prispevka je bil prikazati, kako naj na slovenskem nadaljujemo z izdelavo volumenskih funkcij, da bomo ohranili ali dosegli natančnost lesnih zalog po posameznih sestojih, ki je bila predvidena vsaj pri izdelavi tarif pred 50 leti. Tujih modelov ne moremo nekritično privzeti, ne da bi jih preverili na domačih rastiščih. To se je iz-

kazalo tudi za švicarske volumenske funkcije, s katerimi smo izračunali nižje povprečne volumne, kot so bili izmerjeni jelkam v Leskovi dolini. Hkrati so bila povprečna odstopanja od volumenske funkcije, izdelane na sosednjem Ravniku (Kušar, 2007), manjša od 1 %. Preverjenih volumenskih funkcij, ki bi jih lahko uporabljali tudi pri določanju tarifnih razredov na Slovenskem, še nimamo, kajti vzorci doslej zbranih dreves so bili premajhni. S fragmentarnim načinom raziskovanja ne moremo doseči reprezentativnega vzorca, s katerim bi lahko ocenjevali volumenske funkcije na prostorskih ravneh, ki presegajo posamezne sestojne in rastiščne značilnosti.

SUMMARY

The article estimates the error in volume estimation of silver fir trees in high Dinaric karst forests arising from the usage of different models of tree volume determination. Data regarding 65 fir trees were taken from a research on the influence of competition and growth factors on the growth of dominant fir trees (Kobal, 2011). In the forest compartment 34 of the Leskova dolina FMU, 65 circular sample plots of 500 m² area were placed on 50 × 50 m grid and we chose one dominant fir tree on each of the plots. The analysis encompasses dominant, from 132 to 209 years old fir trees. The average diameter of the analysed fir trees measures 59 ± 1.6 cm, while the heights reach from 25 to 40 m, with the average of 34.0 ± 0.8 m. An average tree had a volume of 4.7 ± 0.3 m³ and individual trees a volume of 1.9 to 7.8 m³.

Based on stem analysis and cubic interpolation splines data, we calculated fir volumes in the sample area for the year 2007 and for 50 years ago. Stem discs of felled fir trees were taken at the stump, at the diameter at breast height and every 4 metres up to the diameter of 30 cm. The top of the crown (diameter < 30 cm) was cut into one-metre sections. The widths of annual rings were measured in two directions to 0.01 mm accuracy using ATRICS (Levanič, 2007) and WinDendro (Guay et al., 1992) software. Each series of annual ring widths was additionally examined with a computer programme PAST-4 (Baillie and Pilcher, 1973) and from both of the series arithmetic means of annual ring widths were calculated. Stem analysis of the felled fir trees was carried out in the programming language R 2.11.1 (R Development Core Team 2010).

For the comparison of fir tree volumes, a method of estimating diameters at the shortest stem lengths using cubic interpolation splines was applied in order to avoid the measurement errors usually arising from measuring diameters

at the shortest sections of felled trees on the field. For the trees previously measured section by section, new and additional diameters were calculated, so that for all the different volume models, equal calculated interpolation diameter values were used. In the environment of statistical computing and visualization programme R 2.11.1 (R Development Core Team 2010), monotone cubic (or Hermite) spline interpolation was used. Based on cubic splines, the diameters of trees were calculated at stem lengths of 50 cm and used as a basis for the calculation of volumes. The diameters of trees were calculated with the interpolation of data from the height of the stump to the top of the crown. During stem analyses of a higher number of trees, where tree growth is measured and estimated based on stem discs of felled trees, it is not always possible to ensure the measuring of trees at the stem lengths of 2 metres, as the discs are often taken at the initial and at the final part of 4-metre logs. In such cases, diameters and quotients at different tree lengths can be compared based on interpolation of cubic splines. The estimations of average residuals in tree volume calculations have shown (Figueiredo-Filho et al., 1996) that by measuring a tree at least at 8 different points, the residuals of tree volumes obtained will be smaller than 1 %. In the sample area of fir trees from Leskova dolina, at least 10 interpolation points were determined up to the stem thickness of 7 cm at the top of the tree including stem discs at breast height of the trees (Kobal, 2011).

For each of the trees, reference volume value was calculated according to Newton's formula. On a 1-metre section, diameters at the beginning, in the middle (at 50 cm), and at the end of the section were included in the formula. Reference values obtained in this way were used for the comparison with other means of measuring and estimating tree volume with volume functions (Table 1). Additionally, we took into consideration the justification of claims referring to foreign tariffs and two-entry volume tables and functions as being unsuitable for the Slovene firs. Since the Slovene fir-beech forests in high karst predominantly consist of old forests with an increasing share of firs wider than 50 cm (Bončina et al., 2003; Klopčič and Bončina, 2012, Kobal and Hladnik, 2009), the estimation of standing tree volumes is becoming even more challenging.

For the fir trees in the sample area it was established that while measuring a tree in 1-metre sections, the average tree volume differs for less than half a percentage. With Huber's formula, it measures 0.2 % less and with Smalian's formula 0.3 % more than the value obtained with Newton's formulae

adopted as the most accurate by us (Figure 2a). With 2-metre sections, the difference in the average tree volume calculated with Huber's formula exceeds one percentage (-1.4 %), while with 4-metre sections, it reaches -2.7 %. Using Smalian's formula, 4-metre sections used for measuring timber length differ so much (6.6 %) as to exceed the scope of Slovene tariff classes.

In 2007, Hohenadl's quotient or the relation between the diameter at breast height and the diameter at one tenth of the tree height was notably higher ($P < 0.001$) than in 1957. The quotients from Figure 3b represent the decline of the diameters with the average value of 3.3 cm/m in 2007 and 2.1 cm/m 50 years ago. High coefficients of variation (30 %) of the declining diameters imply great variability in the basal swell of firs.

The volumes of fir trees in Leskova dolina exceeded not only the volumes calculated according to Swiss volume functions (Hoffmann, 1984, cit. Kaufmann, 2001), but also two-entry volume tables from eastern Slovenia and two-entry volume tables calculated for the fir tree in the neighbouring forest management unit in the area of Postojna. For Čokl's tariffs as well as for the adjusted German two-entry volume tables, the estimated differences were smaller than 3 %. Čokl's tariffs for intermediate shape stands resulted in a small average residual in relation to section measurement of the fir tree from Leskova dolina and in a larger standard deviation of the residuals, which is expected of one-parameter volume function. With two-entry volume tables, standard deviation of the residuals (in percentage of the mean volume) decreased for 2 %, while with three-parameter volume functions, the decrease in standard deviation was 2.5 to 3 %. The share of explained variation of volumes in tariff usage ($R^2 = 0.87$) increased for 5 % for two-entry volume tables and for 11 % for three-parameter volume functions (Figure 4). Despite their rather simple structure, the Slovene Čokl's (1959) tariffs proved to be sufficiently accurate when it comes to old fir trees from Leskova dolina (Table 2). For many tree species in Slovenia, the same was established by Kušar (2007). In Slovenia, precise volume functions that could be used for calibrating the tariff functions were not yet established, since the samples of trees collected so far were not of sufficient size.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENTS

Delo je nastalo v sklopu raziskovalnega projekta Izboljšanje informacijske učinkovitosti gozdnogospodarskega

načrtovanja in gozdarskega informacijskega sistema (Ciljni raziskovalni program Konkurenčnost Slovenije 2006-2013, V4-1070). Podatki so bili zbrani v predhodnem raziskovalnem projektu Pomen talnih lastnosti za proizvodno sposobnost jelke na rastiščih dinarskih jelovo-bukovih gozdov (V4-0541). Raziskovalni objekt v Leskovi dolini nam je predlagal revirni gozdar Zavoda za gozdove Slovenije inž. gozd. Igor Pridigar. Posek dominantnih jelk v Leskovi dolini je odobril Sklad kmetijskih zemljišč in gozdov RS. Gozdnemu gospodarstvu Postojna se zahvaljujemo, ker so omogočili posek in tako krojenje lesa, da smo pridobili tudi podatke za dendrometrijsko analizo dreves.

REFERENCES

VIRI

- Baillie M. G. L., Pilcher J. R. 1973. A simple cross-dating programme for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33: 7–14.
- Biging G. S., 1988. Estimating the accuracy of volume equations using taper equations of stem profile. *Canadian Journal of Forest Research*, 18: 1002–1007.
- Bončina A., Gašperšič F., Diaci J. 2003. Long-term changes in tree species composition in the Dinaric mountain forests of Slovenia. *Forestry Chronicle*, 79, 2: 227–232.
- Cedilnik A. 1991. Aproksimacija rastnih funkcij s kubičnimi zlepkami. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 37: 117–123.
- Čokl M. 1956. Inventarizacija kmečkih gozdov po novih enotnih tarifah. *Gozdarski vestnik* 14, 1: 1–12.
- Čokl M. 1958. *Gozdarski in lesnoindustrijski priročnik*. Druga izdaja. IGLG, Strokovna in znanstvena dela, 310 str.
- Čokl M. 1959. Tarife za sestoje prehodnih oblik. *Gozdarski vestnik*, 17, 7–8: 221–228.
- Čokl M. 1962. Dvovhodne deblovnice za okraj Celje. IGLG, 49 str.
- Figueiredo-Filho A., Borders B. E., Hitch K. L. 1996. Number of diameters required to represent stem profiles using interpolated cubic splines. *Canadian journal of forest research*, 26: 1113–1121.
- FAO 2001. *Global Forest Resources Assessment 2000 – Main report*. FAO Forestry Paper, 140 str.
- FAO 2005. *Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management*. FAO Forestry Paper, 147 str.
- Guay R., Gagnon R., Morin H. 1992. MacDENDRO, a new automatic and interactive tree ring measurement system based on image processing. V: *Tree rings and Environment: Proceedings of the International Dendrochronological Symposium*, Ystad, Sweden, 3–9 September 1990, Lundqua Report. Lund University, Department of Quaternary Geology, 128–129.
- Grundner F., Schwappach A. 1922. *Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände*. Sechste Auflage. Berlin, Paul Parey, 154 str.
- Husch B., Beers T. W., Kershaw J. A. 2003. *Forest Mensuration*. Hoboken, New Jersey, J. Wiley & Sons, 443 str.
- Kaufmann E. 2001. Estimation of Standing Timber, Growth and Cut. V: *Swiss National Forest Inventory. Methods and Models of the Second Assessment*. Brassel, P. / Lischke, H. (ed.). Birmensdorf, WSL Swiss Federal Research Institute, 162–196.
- Klopčič M., Bončina A. 2012. Sestojna dinamika jelovo-bukovih gozdov v zadnjem stoletju. *Gozdarski vestnik*, 70, 3: 123–136.
- Kobal M. 2011. Vpliv sestojnih, talnih in mikrorastiščnih razmer na rast in razvoj jelke (*Abies alba* Mill.) na visokem krasu Snežnika. *Doktorska disertacija*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 148 str.
- Kobal M., Hladnik D. 2009. Stand diversity in the dinaric fir-beech forests. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 90, 3: 55–66.
- Kotar M. 2003. *Gozdarski priročnik*. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, BF, 414 str.
- Kramer H., Akça A. 1982. *Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur*. Frankfurt am Main, J.D. Sauerlaender's Verlag, 251 str.
- Kušar G. 2007. Zanesljivost ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev z enoparametrijskimi funkcijami in stratifikacijo. *Doktorska disertacija*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 243 str.
- Lanz A., Di Cosmo L., Robert N., Gschwantner T. 2007. Status of European NFI Systems. Part II: Tree Definitions and Volume Functions. COST E43 on Harmonisation of National Forest Inventories in Europe. <http://www.metla.fi/eu/cost/e43/members/wg1/wg1-q2-suppl-II-report.pdf> (7. 12. 2012)
- Lawrence M., McRoberts R. E., Tomppo E., Gschwantner T., Gabler K. 2010. Comparison of National Forest Inventories. V: Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M., McRoberts R.E. (ur.). *National Forest Inventories: Pathways for Common Reporting*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York, Springer, 19–32.
- Levanič T. 2007. A new system for image acquisition in dendrochronology. *Tree-Ring Research*, 63, 2: 117–122.
- Mali šumarskotehnički priručnik 1949. Zagreb, Sekcija šumarstva i drvene industrije Društva inženjera i tehničara NR Hrvatske. 822 str.
- MCPFE 2003. *State of Europe's Forests 2003. The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe*. MCPFE Liaison Unit Vienna, 115 str.
- Pravilnik o spremembah pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, pravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov. Ur. l. RS št. 95/2004.
- Philip M. S. 1994. *Measuring Trees and Forests*. Wallingford, CAB International, 310 str.
- Puhek V. 2003. Regresijske enačbe za volumen dreves po dvovhodnih deblovnica. V: Kotar, M. (ur.). *Gozdarski priročnik*. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, BF, 46–48.
- R Development Core Team 2010. *R Development Core Team, 2010. R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, version 2.11.1 (2010-05-31) edition. <http://www.R-project.org> (09.06.10).
- Rebula E. 1993. Napake izmere oblovine iglavcev in predlog novega načina izmere. *Gozdarski vestnik* 51, 10: 446–459.
- Rebula E. 1994. Napake izmere oblovine iglavcev in predlog novega načina izmere (2. del). *Gozdarski vestnik* 52, 1: 2–21.
- Rebula E. 1995. Tablice oblikovnega števila, debeljadi in količine izdelanih sortimentov. *Gozdarski vestnik* 53, 10: 402–425.
- Rebula E. 1996. Uporabnost prirejenih Alganovih in Schaefferjevih ter vmesnih tarif za računanje lesne mase naše jelke. *Gozdarski vestnik* 54, 10: 480–501.
- Šušteršič M. 1946. Tablice za enomerne sestoje smreke, jelke, bora, bukve in deblovnice. Ljubljana, samozaložba, 64 str.
- Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M., McRoberts R. E. 2010. *National Forest Inventories: Pathways for Common Reporting*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York, Springer, 612 str.
- UNFCCC 2009. *Framework Convention on Climate Change*. FCCC/CP/2009/11.
- Van Laar, A., Akça A. 2010. *Forest Mensuration*. Dordrecht, Springer, 383 str.